

Conception de recherche locale en présence de neutralité

Marie-Éléonore Marmion^{1,2}, Clarisse Dhaenens^{1,2}, Laetitia Jourdan^{1,2},
Arnaud Liefooghe^{1,2}, Sébastien Verel^{2,3}

¹ Université Lille 1 (LIFL, UMR CNRS 8022)

`{marie-eleonore.marmion, clarisse.dhaenens, laetitia.jourdan, arnaud.liefooghe}@lifl.fr`

² INRIA Lille-Nord Europe

³ Université Nice-Sophia Antipolis (I3S, UMR CNRS 6070)

`verel@i3s.unice.fr`

Mots-clés : *optimisation combinatoire, analyse de paysage, flowshop de permutation, recherche locale.*

1 Motivations

Le problème d’ordonnancement de type Flowshop de permutation (FSP) est un problème d’optimisation combinatoire (COP) très étudié dans la littérature. Pour les instances de Taillard [4], certains travaux font mention de la présence de nombreuses solutions ayant la même qualité. Les recherches locales utilisent un opérateur de voisinage pour se déplacer d’une solution vers un de ses voisins. Lorsque deux solutions voisines ont la même qualité, on parle de neutralité. Le FSP semble présenter une telle caractéristique. Aussi certaines questions se posent naturellement : Comment caractériser la neutralité du FSP ? La neutralité est-elle utilisée pour résoudre le FSP ? Pour répondre à ces questions, nous commençons par analyser la neutralité des instances de Taillard du FSP à travers une analyse de paysage. Puis, nous proposons d’étudier les performances de trois algorithmes de recherche locale, dont deux utilisent les caractéristiques de neutralité du problème.

2 Neutralité du FSP

Le paysage est une structure associée à un problème d’optimisation lors de la résolution par recherche locale. Il est défini par un triplet (Ω, \mathcal{V}, f) tel que : Ω est l’espace de recherche, $\mathcal{V} : \Omega \rightarrow 2^\Omega$ est une relation de voisinage et $f : \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ est une fonction objectif. La définition du paysage est liée à la dynamique des métaheuristiques étant donné que la fonction objectif permet de faire des choix entre les solutions rencontrées et que la relation de voisinage est un élément important d’une recherche locale. Ainsi, l’étude du paysage permet de caractériser le problème pour comprendre et prévoir les performances d’une métaheuristique.

Le paysage d’un problème d’optimisation combinatoire peut présenter différentes caractéristiques parmi lesquelles la neutralité. Un paysage est dit neutre quand un grand nombre de solutions de l’espace de recherche présente des voisins de même qualité pour la relation de voisinage considérée. Un voisin neutre d’une solution est une solution voisine ayant la même valeur de fitness. Les voisins neutres forment un réseau de neutralité appelé *plateau*. Pour caractériser la neutralité d’un problème, des informations peuvent être alors calculées le long de marches neutres aléatoires sur les plateaux.

Nous montrons que la neutralité des instances de Taillard augmente avec le nombre de jobs mais elle diminue avec le nombre de machines. Pour les instances à 5 machines, elle peut atteindre 30% du voisinage d’une solution alors que pour les instances à 20 machines, elle est autour de 1%. Néanmoins, même une faible neutralité impacte de manière importante le paysage. En effet, dans la majorité des cas, les optima locaux sont sur des plateaux où des solutions

possédant au moins un voisin améliorant peuvent être nombreuses et rapidement atteignables. Il semble donc intéressant de tirer profit de la neutralité dans le processus d'optimisation.

3 Algorithmes de recherche locale pour le FSP

À ce jour, l'Iterated Greedy (IG), algorithme dédié à la résolution du FSP, est la recherche locale ayant les meilleures performances sur les instances de Taillard [3]. Or cette méthode ne semble pas profiter directement de la neutralité du problème. À l'inverse, le Netcrawler (NC) est une méthode de descente générique acceptant la première solution meilleure ou équivalente évaluée [1]. Ainsi, cette méthode considère la neutralité du problème pour se déplacer vers un optimum local. Dans ce sens, nous avons proposé NILS, une recherche locale itérée exploitant la neutralité des optima locaux pour se déplacer d'un nombre de pas fixé par le paramètre MNS jusqu'à trouver une porte (solution du plateau ayant un meilleur voisin) [2]. En effet, NILS itère une méthode de descente qui accepte le premier voisin améliorant évalué et s'arrête sur un optimum local. L'étape de perturbation est utilisée pour s'échapper de cet optimum local en autorisant un nombre MNS de pas neutres sur le plateau. Si un meilleur voisin est évalué (une porte du plateau est identifiée), NILS poursuit par la méthode de descente. Sinon, plusieurs mouvements aléatoires sont appliqués sur la solution avant de poursuivre par la méthode de descente.

Les instances de Taillard pour le FSP sont des instances raisonnablement neutres. Nous avons comparé les performances de NILS avec NC et IG avec un nombre maximal d'évaluations comme critère d'arrêt. Nous montrons alors que IG trouve de bons résultats mais qu'il a néanmoins des difficultés à avoir des performances robustes. De plus, il est nécessaire de bien exploiter la neutralité car, même si NC trouve de bonnes solutions, il présente lui aussi des performances de qualité assez diverses. NILS représente donc une alternative efficace aux recherches locales dédiées en profitant de la neutralité du problème au niveau des optima locaux. Notons aussi que NILS est une méthode simple à utiliser tout en restant générique, contrairement à IG.

Références

- [1] L. Barnett. Netcrawling - optimal evolutionary search with neutral networks. In *Proceedings of the 2001 Congress on Evolutionary Computation*, CEC 2001, pages 30–37. IEEE Press, 2001.
- [2] M.-É. Marmion, C. Dhaenens, L. Jourdan, A. Liefooghe, and S. Verel. NILS : a neutrality-based iterated local search and its application to flowshop scheduling. In *Proceedings of the 12th European Conference of Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization*, EvoCOP 2011, pages 191– 202. LNCS, Springer, 2011.
- [3] R. Ruiz and T. Stützle. A simple and effective iterated greedy algorithm for the permutation flowshop scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 177(3) :2033–2049, 2007.
- [4] E. Taillard. Benchmarks for basic scheduling problems. *European Journal of Operational Research*, 64 :278–285, 1993.